

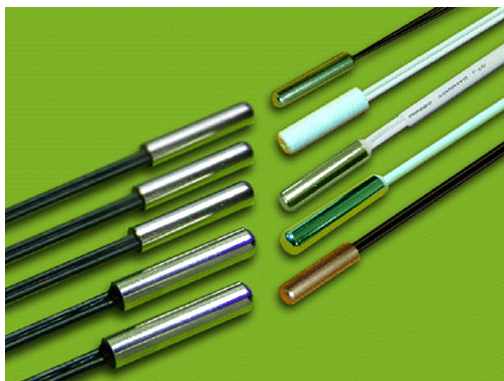


第十三章 温度控制系统的构建

温度控制系统的构建

内容要点:

- 温度自动控制系统的构成
- 通用仪表控制系统的基本组成
- 温度控制器的调节原理
- 温度控制器的使用说明



目的与要求:

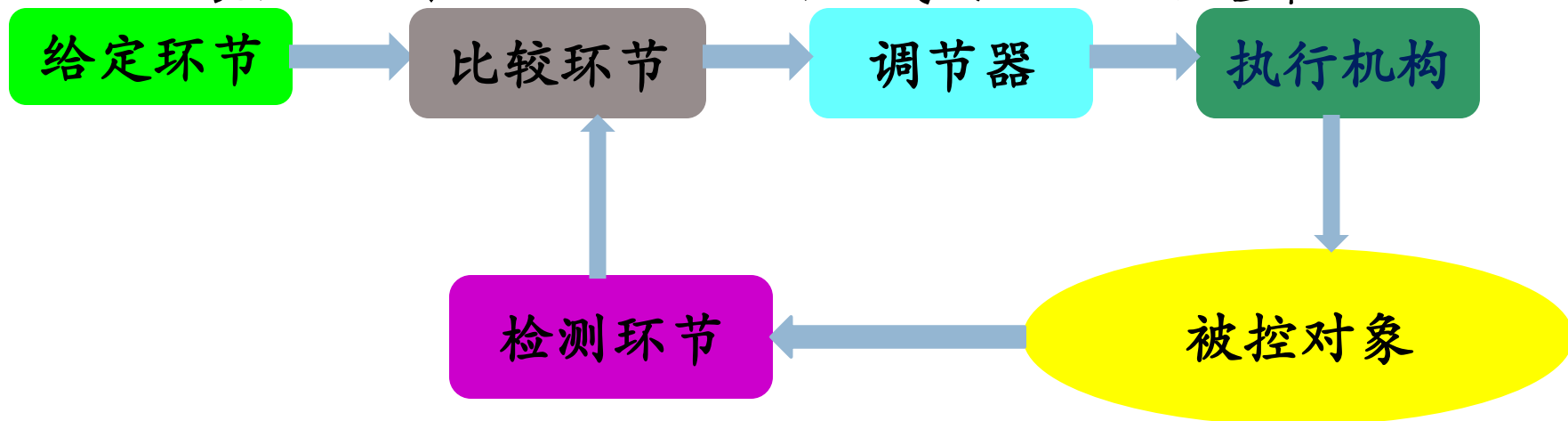
- 熟悉温度控制系统的基本构成
- 理解温度控制系统的调节原理
- 了解基本温度控制器件
- 构建温度控制系统并调试



温度自动控制系统构成-1

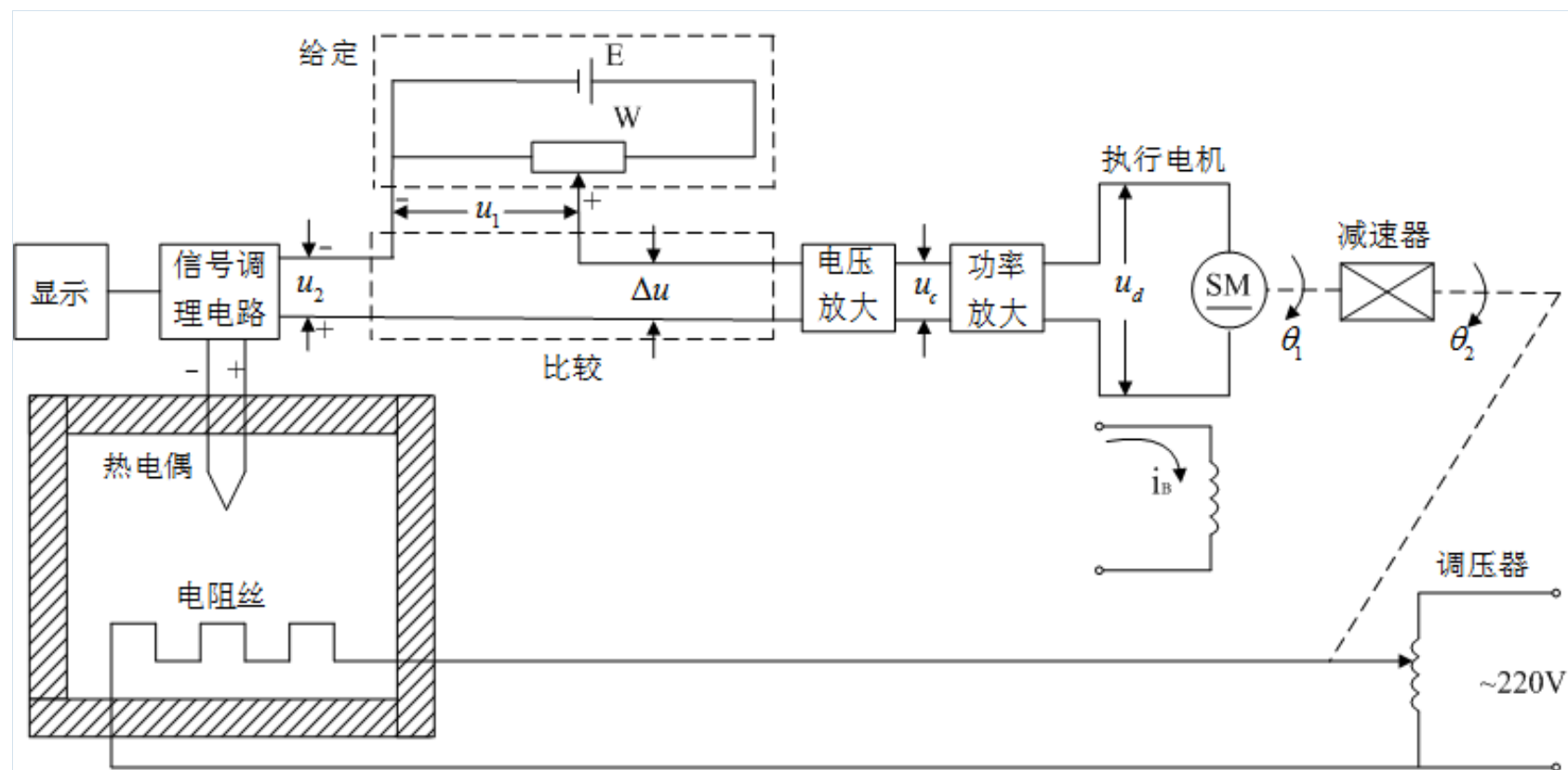
□ 温度自动控制系统组成

- 给定环节(通常在模拟控制系统中采用)
- 比较环节、调节器----控制器，思想的代码化
- 执行机构----执行器，依据实际需求，如何选择？
- 被控对象----对象的特性是什么？需要分析
- 检测装置----传感器，依据实际需求，如何选择？



温度自动控制系统构成-2

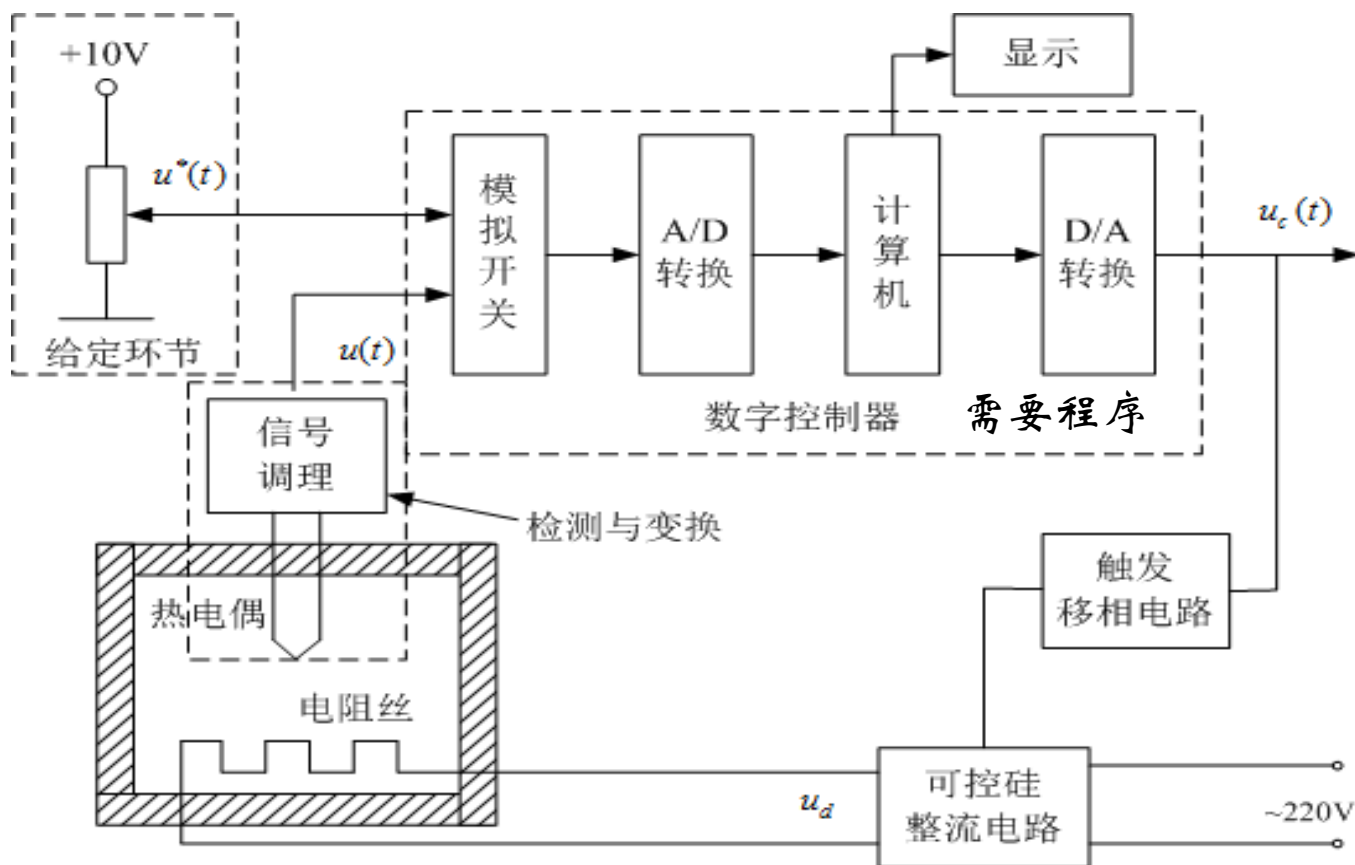
- 例：电炉炉温模拟自动控制系统：机电工业中常用的原材料（如硅钢片）在热处理过程中需要进行10小时连续保温680℃后，才能达到预期的性能，这就需要对退火炉的温度进行控制。



温度自动控制系统构成-2

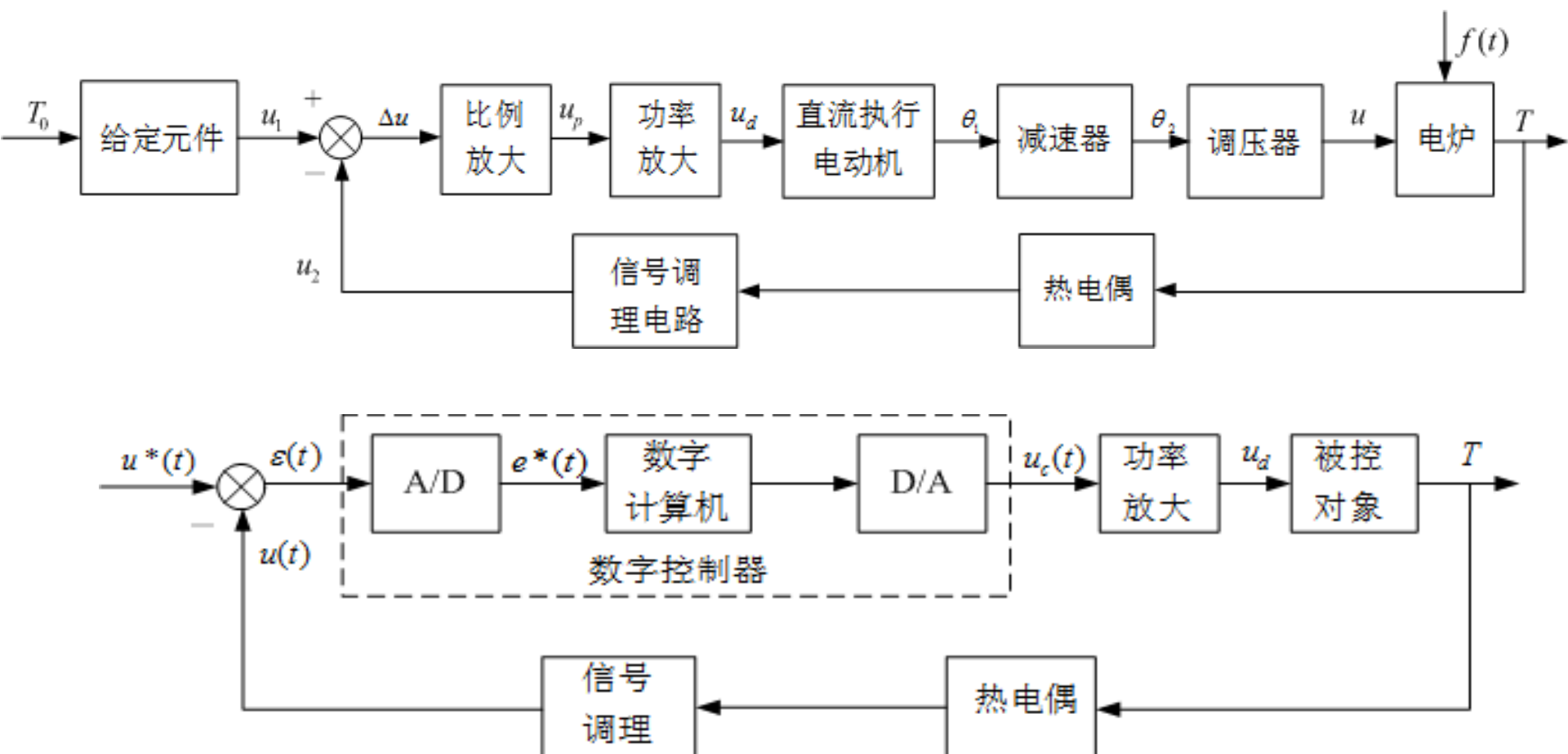
□ 例：电炉炉温数字化(计算机)自动控制系统：原有的比例调节器由数字控制器所替代；原有的执行机构由移相可控整流电路取代。

给定可以通过人机界面程序实现



温度自动控制系统构成-3

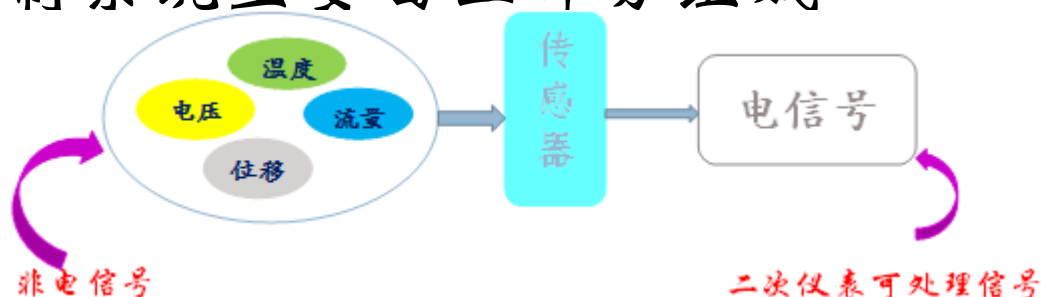
□ 炉温控制系统的方框图(上图模拟、下图数字)



通用仪表控制系统的基本组成

- 不论石化、电站、冶炼等大工业的集中控制还是印染、包装、橡胶成型、组织培养、热处理等行业的单机设备，工业过程测量控制系统主要由三部分组成

□ 传感器



□ 显示调节仪表



□ 执行机构

- 为了能够对工业对象的参数进行自动控制(或报警)，就必须由中间继电器、可控硅、电磁阀等执行器执行对负载的调控。
- 执行器一般都工作于高电压、大电流、多动作的恶劣工作条件下，因此，正确选择产品和降额使用是理所当然和十分经济的。

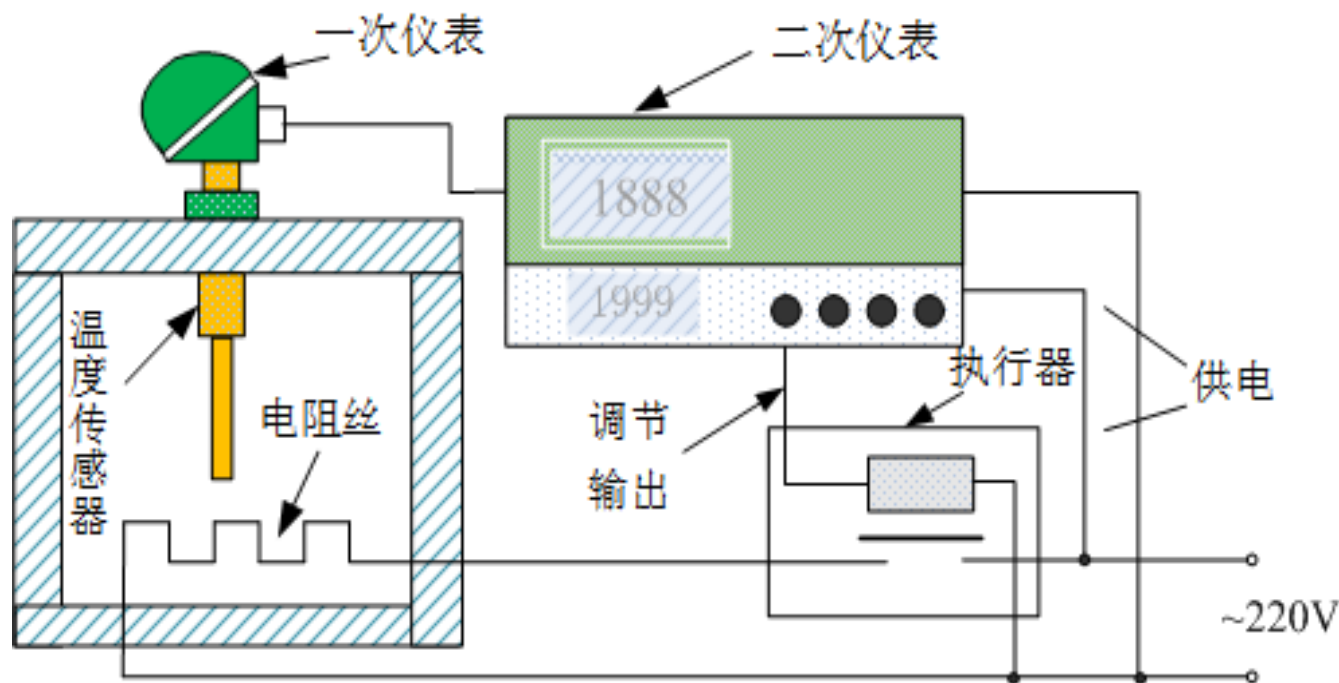
温度控制器的调节原理

- 二位式调节原理
- 三位式调节原理
- 连续比例调节原理
- 时间比例调节原理
- 比例、积分和微分调节原理



二位式调节原理-1

- 二位式调节又称通断式控制，其工作原理是将测量值与设定值相比较，差值经放大处理后，对执行器进行开（通）或关（断）的控制，主要由温度传感器、温度控制器、执行器和电阻丝组成。



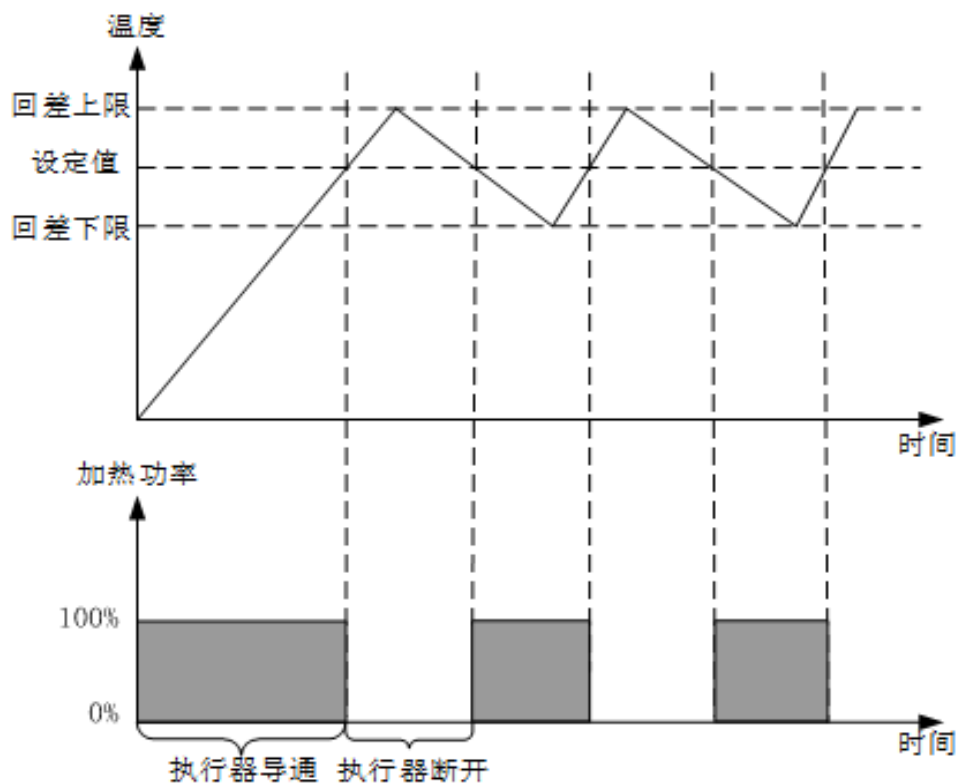
二位式调节原理-2

□ **滞后时间**：刚开始加热时，有一段时间炉体温度基本保持不变的时间。（体会一下？）

□ 由于存在滞后时间，仪表做出调节动作后，需要一定的时间测温仪表才能反映实际温度。

□ **惯性现象**：在此段滞后时间内，由于惯性的存在，被控对象的温度仍保持惯性上升或惯性下降。

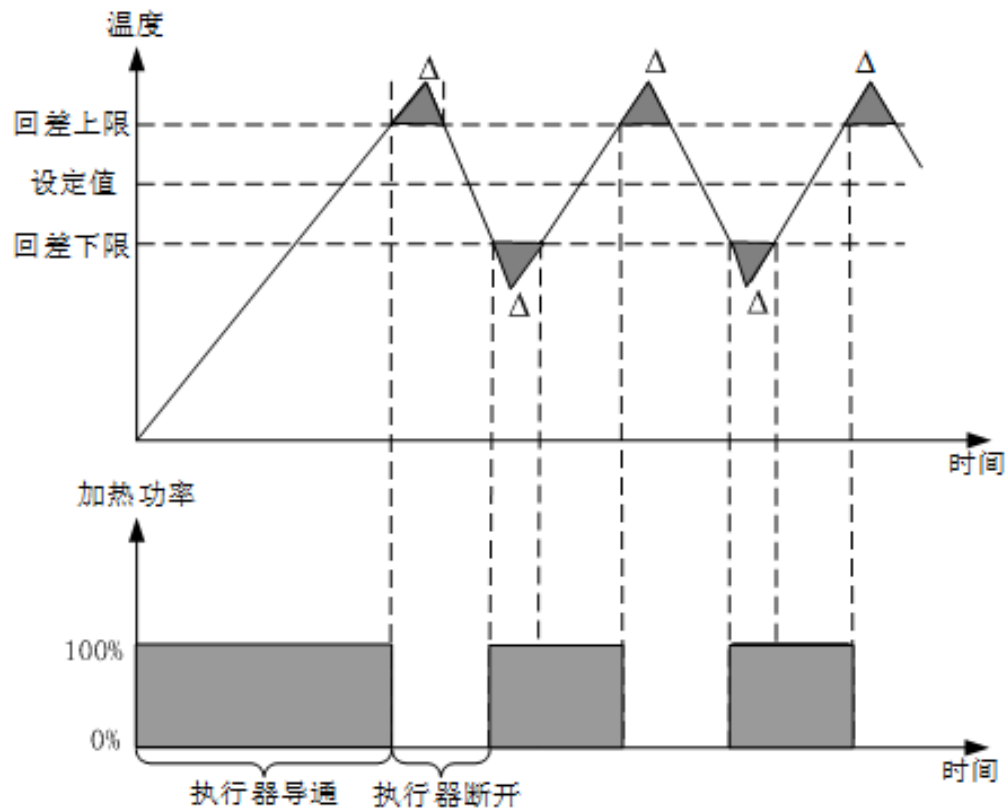
□ **输出规律**：通和断两种状态的交替出现，必然使被控参数有周期性的起伏，形成在设定值附近上下的震荡。



二位式调节原理-3

□ **改进二位式调节**：当测量值小于回差上限值时，执行器导通；当测量值小于回差下限值时，执行器断开。----避免执行器的频繁动作

□ **惯性作用**：由于惯性，阴影继续上升。其时，控制器已做出正确的调节输出。

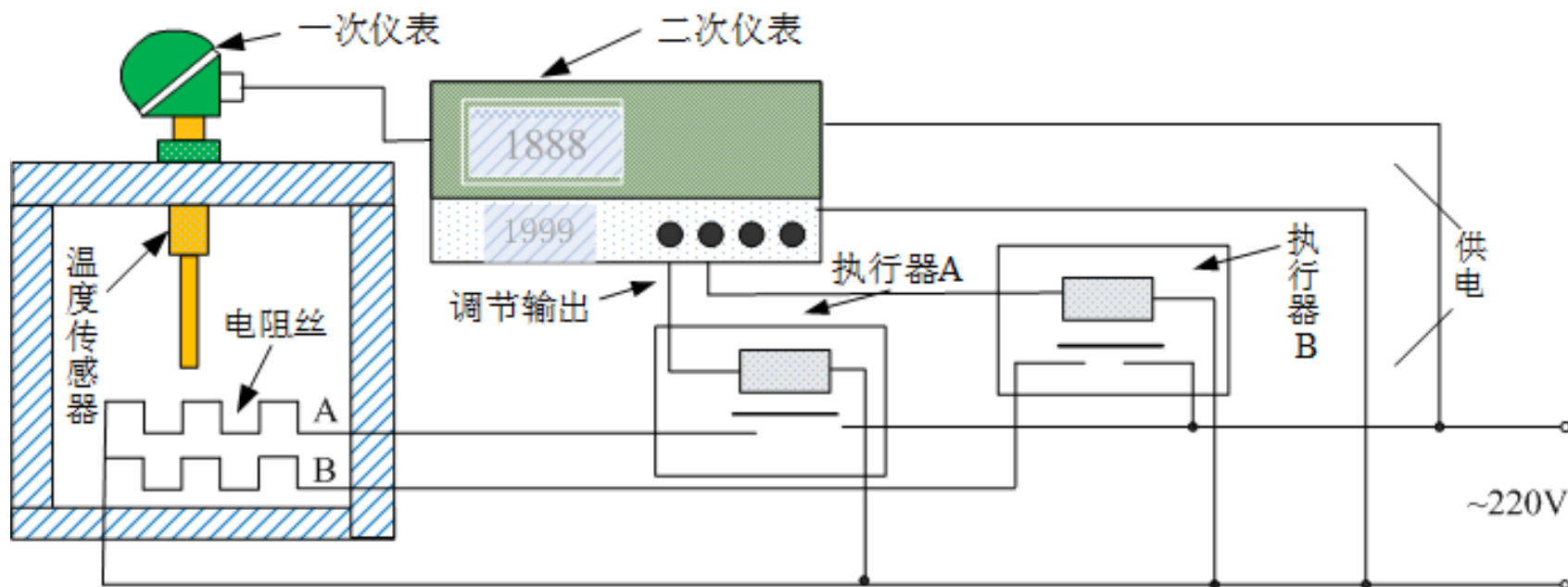


□ 一般把回差设置在仪表全量程的0.2%~0.5%左右比较合适。

□ 二位式调节可靠性高而且成本低，应用场合十分广泛。

三位式调节原理-1

- 二位式矛盾是什么？
 - ▣ 容易产生的升温速度与温度过冲量（超调）之间的矛盾
- 三位式调节：强加热、弱加热、不加热。

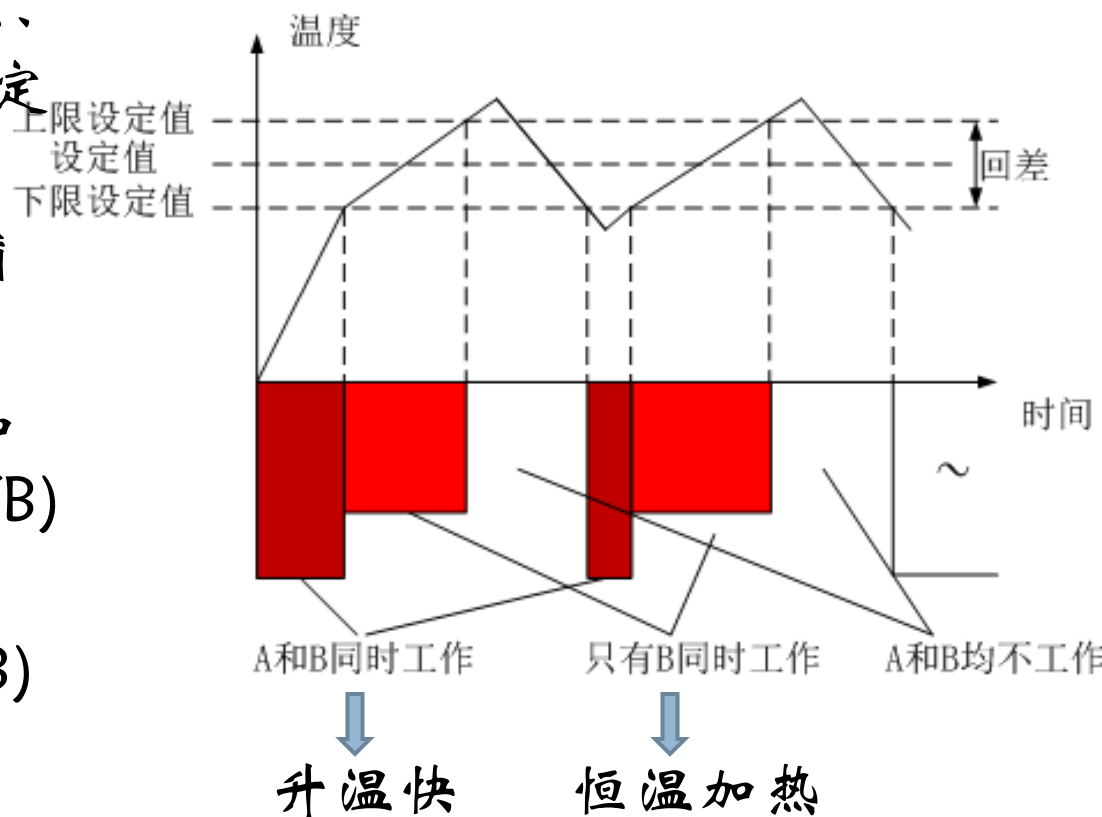


三位式调节原理-2

你还可以有怎样的工作过程？

工作过程：测量值PV, 上、下限设定值(HT、LT), 设定值(SV)

- 当PV低于LT时，主(B)辅(A)加热器同时工作
- 当PV到达LT时，辅(A)加热器停止工作，只有主(B)加热器工作。
- 当PV到达HT时，将主(B)辅(A)加热器全停，温度在经过过冲后逐渐下降
- 直至降到LT时，主(B)辅(A)加热器工作，温度又逐渐上升，周而复始。



辅(A)加热器占总(AB)加热能量30%~50%

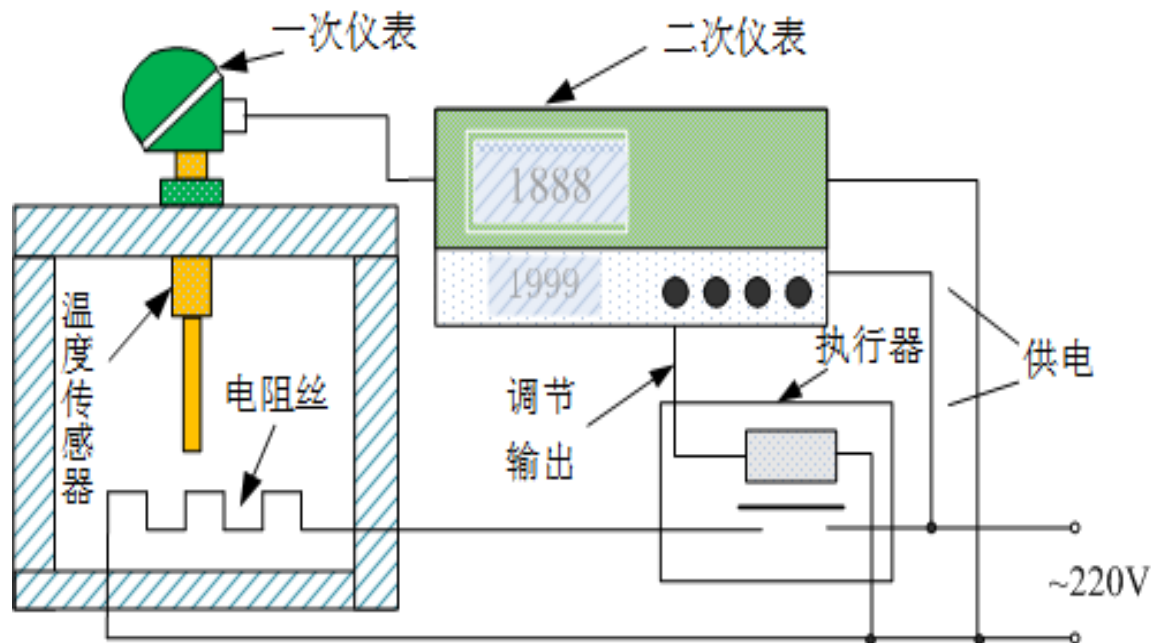
连续比例调节原理

- **连续**的含义是指调节器输出的信号是模拟量
- **比例**的含义是指调节器的输出与输入偏差成正比
- 连续调节仪表的输出方式
 - ▣ 可控硅移相触发方式----使用寿命长，应用广泛
 - ▣ 电机驱动调压器方式----使用寿命短，比较笨重，少采用

时间比例调节原理-1

- 对二位式调节的改进-----断续式比例调节PWM (Pulse Width Modulation)
- 以一个例子阐述

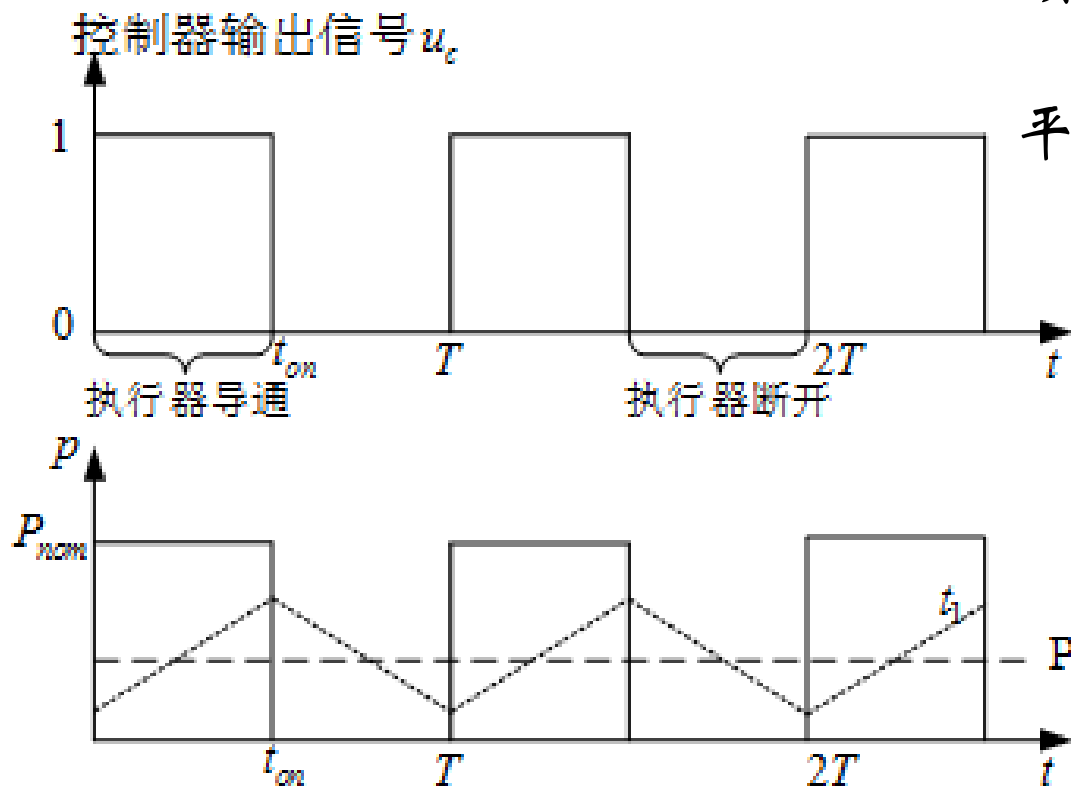
若设某电炉是一个1000W的电炉，在30秒钟周期内，执行器导通15s，断开15s，那么在这个周期内，电炉实际得到的加热功率为50%，即500W。其余依次类推。



时间比例调节原理-2

□ PWM的原理

额定功率 P_{nom} ，瞬时功率 p



平均功率 $P = P_N \frac{t_{\text{on}}}{T} = \rho P_N$

$$\rho = \frac{t_{\text{on}}}{T} \leq 1$$

改变占空比 就可以调节电阻丝的加热功率，且加热功率连续可调，它表明通过控制执行器在一个周期的导通时间就可以模拟输出具有相当分辨率的连续量。

时间比例调节原理-3

设定值为SV

比例带下限值为SV-SP

比例带上限值为SV+SP

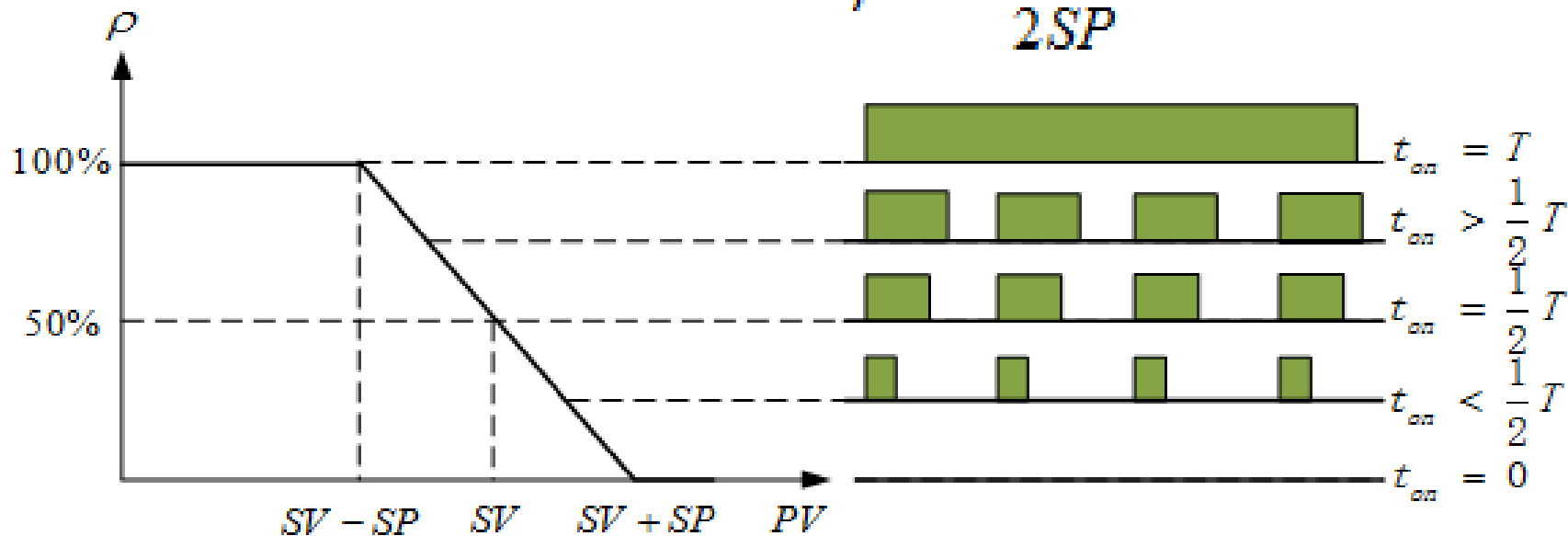
温度测量值为PV

□ 实际应用中，时间比例调节只在测量温度位于比例带下限和上限值之间时进行：

□ 当 $PV = SV - SP$ 时， $\rho = 1$

□ 当 $PV = SV + SP$ 时， $\rho = 0$

□ 当 $PV \in (SV - SP, SV + SP)$ 时， $\rho = \frac{PV - SV}{2SP} + 0.5$

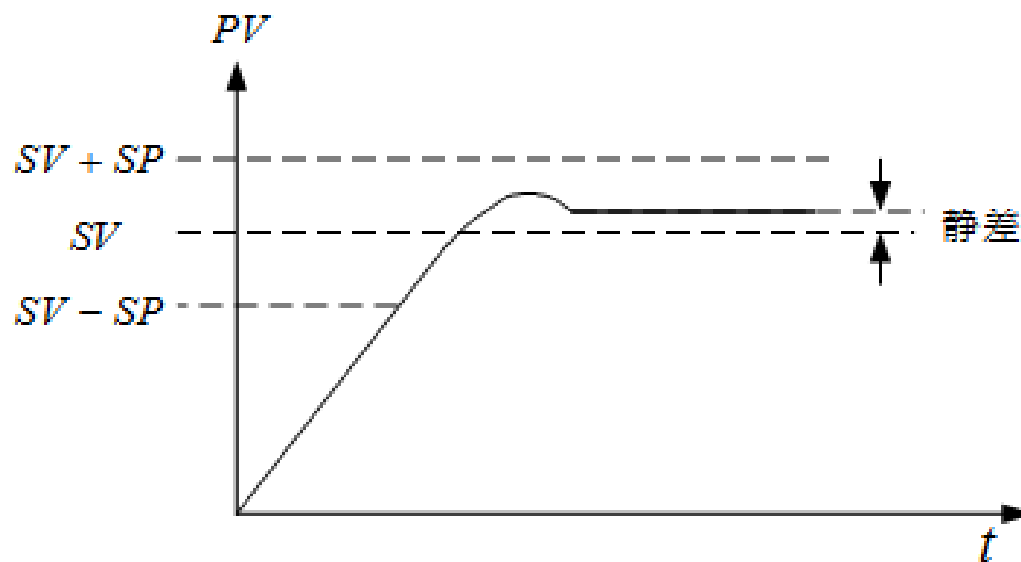


时间比例调节原理-4

□ 实际调节过程及调节效果

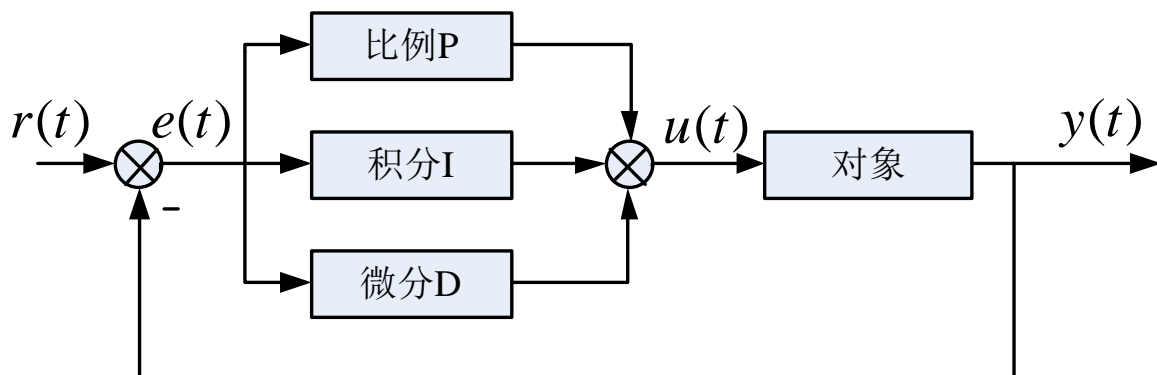
□ 时间比例式调节对加热功率的调节是根据偏差连续改变输出量的大小，因此调节结果的波动较小。在有扰动时，被控对象的调节参数能很快趋向平稳。在比例带值合适的情况下，不会产生持续的振荡现象。

□ 静差：调节的结果值与设置的目标值之间的差值。它的大小和方向取决于全输出时加热功率的高低、环境温度或电网电压的改变和比例带的大小等多种原因。



比例、积分和微分调节原理-1

- PID调节器(工业控制中应用最广的控制规律)。根据需要,可组成P调节器、I调节器、PI调节器、PD调节器和PID调节器。思考:唯独没有什么?



- 什么叫P? 有何作用?
- 什么叫I? 有何作用?
- 什么叫D? 有何作用?

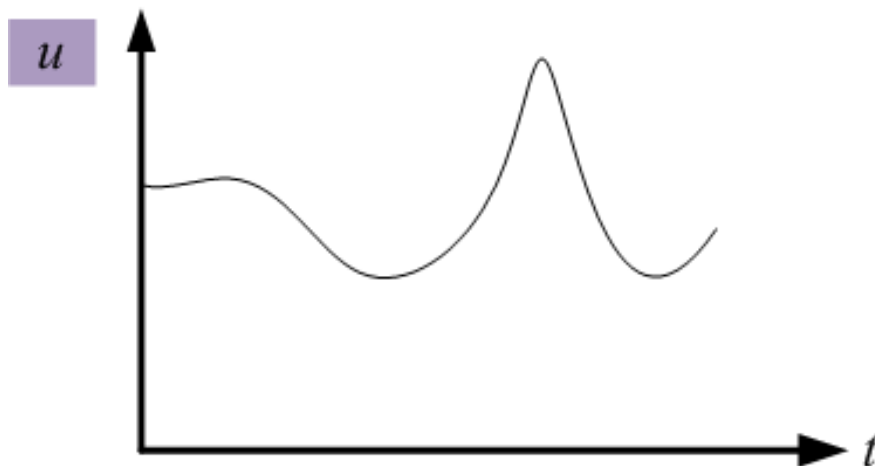
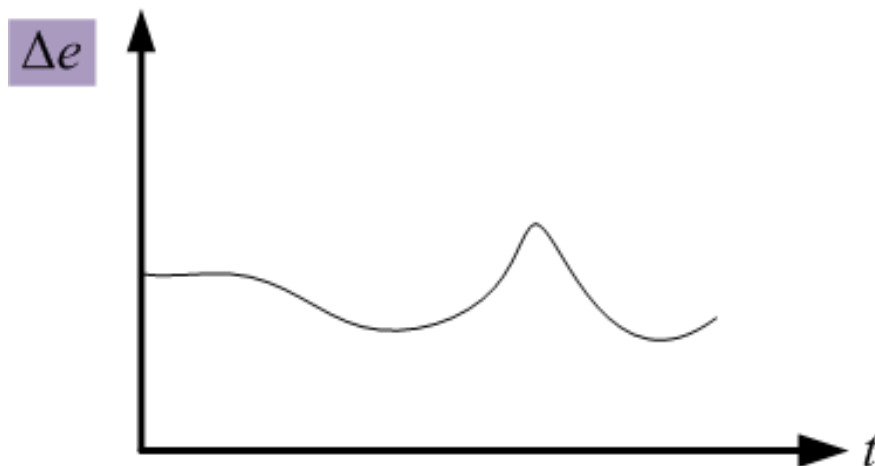
$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

实际应用时最好在PID后加一个饱和特性,以防止积分过大。

比例、积分和微分调节原理-2

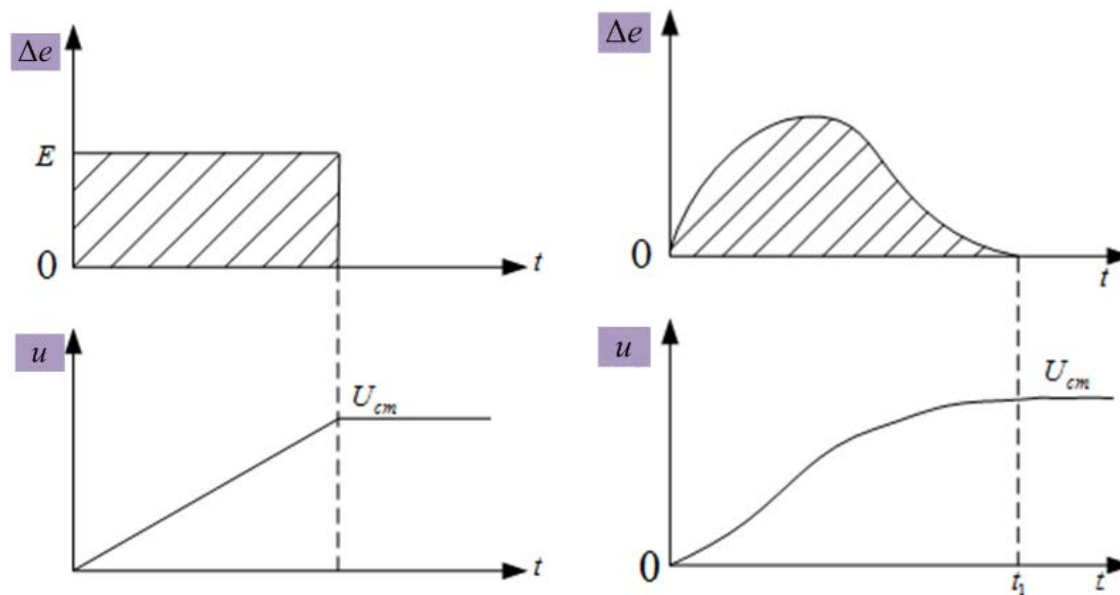
□ 比例特性

- 比例调节作用：按比例反应系统的偏差，一旦出现了偏差，比例调节立即产生调节作用用以减少偏差。比例作用大，可以加快调节，减少误差，但是**过大的比例，使系统的稳定性下降，甚至造成系统不稳定。**



比例、积分和微分调节原理-2

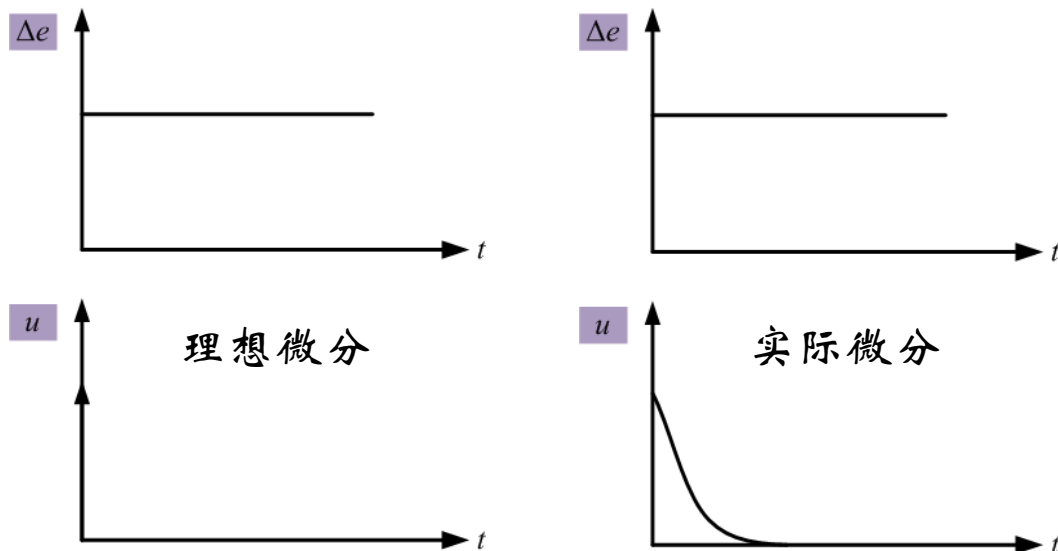
□ 积分特性



- **积分调节作用：**消除稳态误差。有误差，积分调节就进行，直至无差，积分调节停止，积分调节输出一常值。积分作用的强弱取决与积分时间常数 T_i ， T_i 越小，积分作用就越强；反之， T_i 大则积分作用弱。加入积分调节可使**系统稳定性下降**，动态响应变慢，即**积分作用使响应滞后**。

比例、积分和微分调节原理-3

□ 微分特性



- 微分调节作用：微分作用反映系统偏差信号的变化率，能预见偏差变化的趋势，能产生超前的控制作用。因此，可以改善系统的动态性能。在微分时间选择合适情况下，可以减少超调，减少调节时间。微分作用对噪声干扰有放大作用，因此过强的微分调节，对系统抗干扰不利。此外，微分反应的是变化率，而当输入没有变化或变化非常缓慢时，微分作用输出为零。

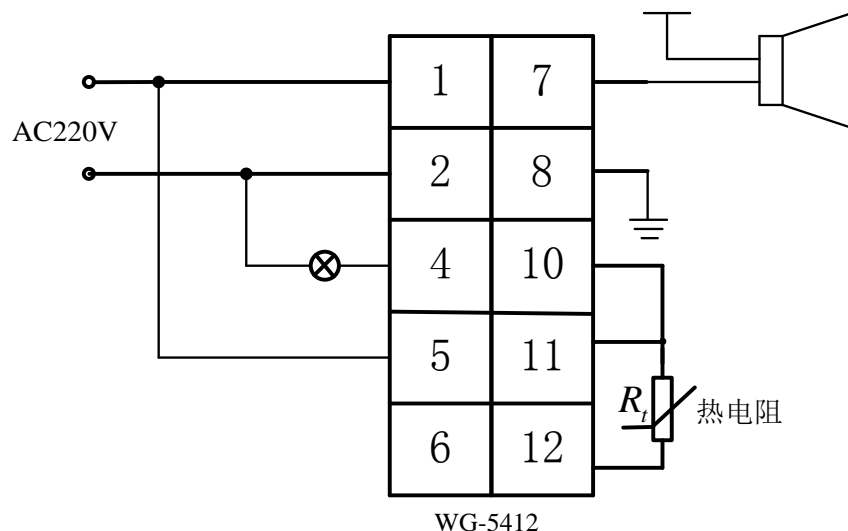
PID参数的选取与整定

- 整定：根据控制要求调整并确定PID参数
- 整定方法----临界比例法
 - ▣ 比例控制下，临界比例增益 K_u (其倒数就是临界比例度 X_P ，设置参数是可能用此种形式的值)，临界

最终控制方式	比例 K_p	积分时间常数 T_i	微分时间常数 T_d
纯比例	$0.5K_u$		
PI	$0.45K_u$	$0.85T_u$	
PID	$0.60K_u$	$0.5T_u$	$0.12T_u$

温度控制器及其使用说明-1

- 成型的温控器接上传感器(如Pt100)、执行器(如用灯加热)和控制对象(如保温箱)便构成了一个温度控制系统



- 温控器的技术内容

- 器件选型----传感器? 执行器? 微处理器? A/D转换器? 各电子元器件?
- 硬件设计(电路、数电、模电、电力电子、微处理器与接口、抗干扰)与装配、调试
- 软件设计、编程(C/C++/C#)与调试
- 外观结构与附件设计----保温箱、控制器结构、接线图纸、加工

温度控制器及其使用说明-2

□ 主要技术参数和使用条件

- 精度：±(0.5% RDG ±1字)

- 温度系数：不大于0.05%/°C

- 输出：

 - 继电器触点输出：AC250V/5A（阻性负载）

 - AC250/0.3A（感性负载）

 - 触点报警输出：AC250V/5A（阻性负载）

- 防误操作软件锁：有

- 工作电源：额定电压±15% 50Hz±1Hz

- 工作环境：温度0~50 °C，相对湿度35%~85%的无腐蚀性气体场合

- 带一路报警

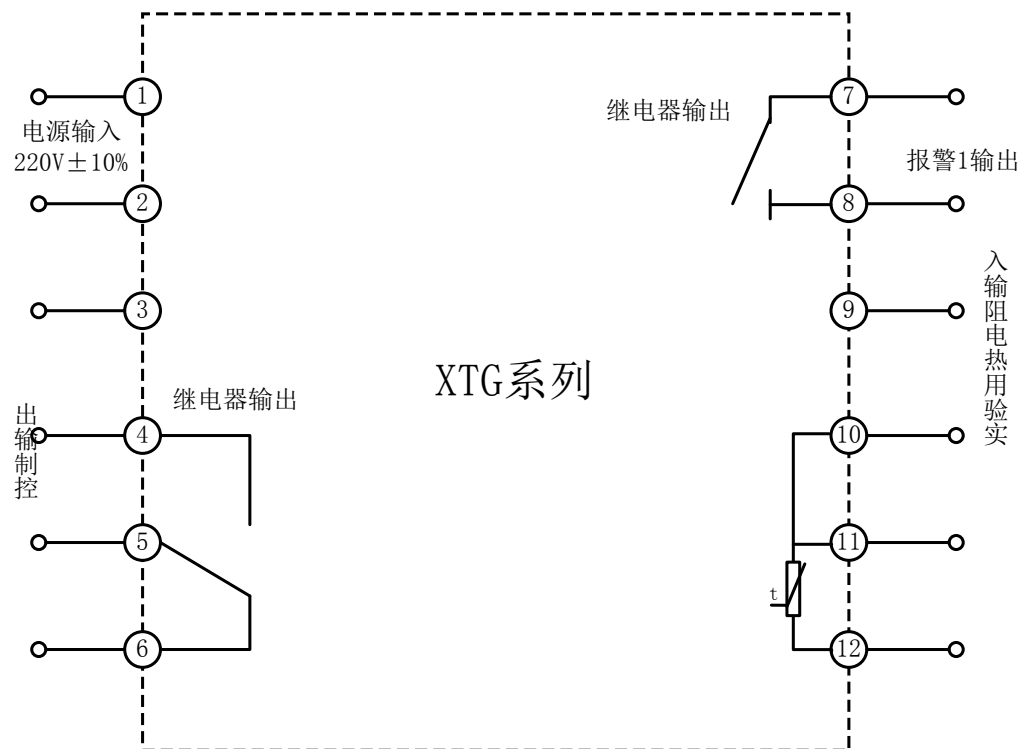
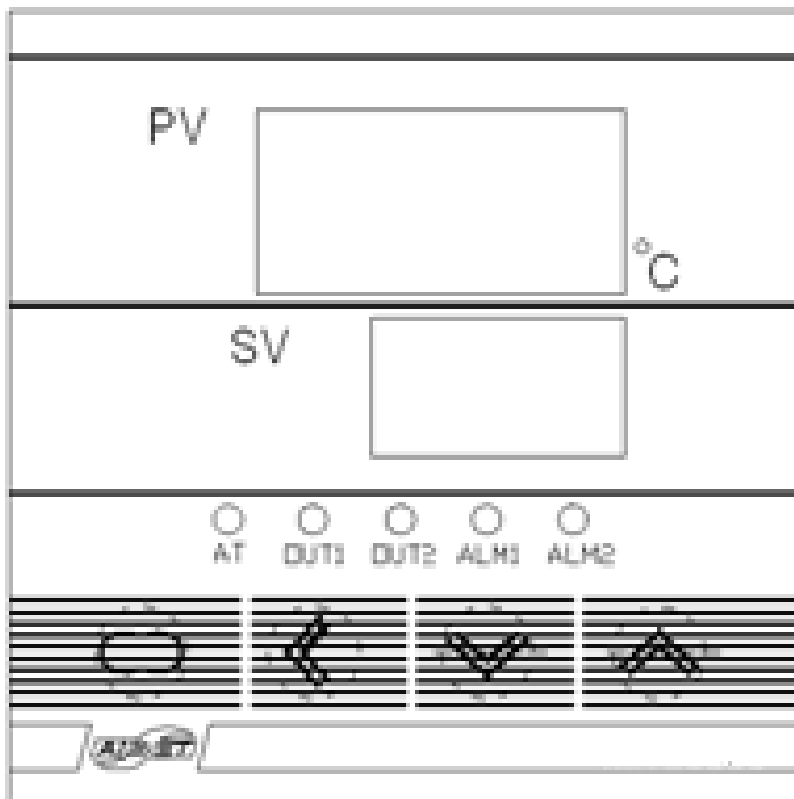
温度控制器及其使用说明-3

□ 二级参数设置范围

- ▣ 比例度P: 0~300
- ▣ 积分时间I: 0~999s
- ▣ 微分时间D: 0~999s
- ▣ 误差修正范围: -50~50(°C)
- ▣ 切换差设置范围: 0-50.0(°C)
- ▣ 控制及报警值设置范围: 仪表全量程的0~100%
- ▣ 自整定功能: ON或OFF

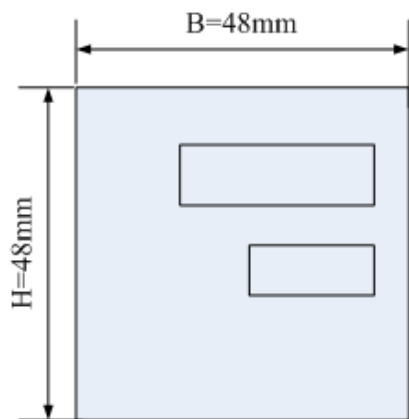
温度控制器及其使用说明-4

□ 仪表面板布置与对外信号引脚功能

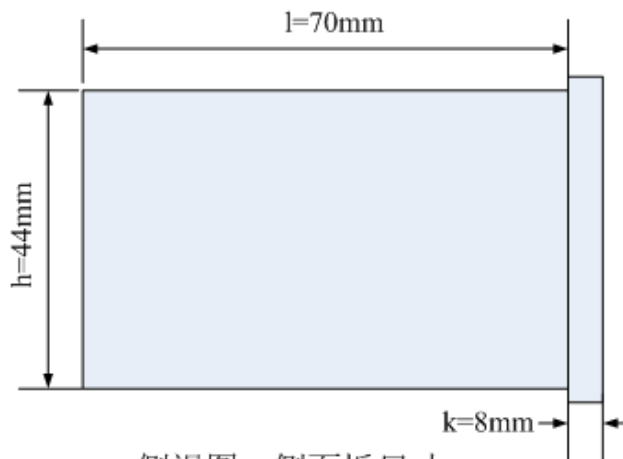


温度控制器及其使用说明-5

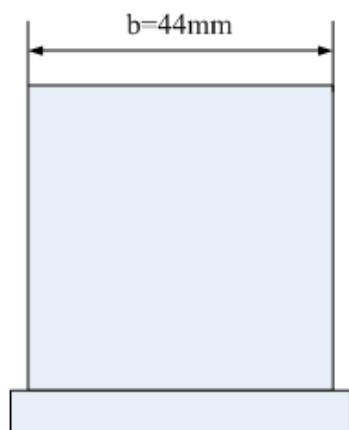
WG-5412-XTG型智能数字显示温度控制器安装外形尺寸



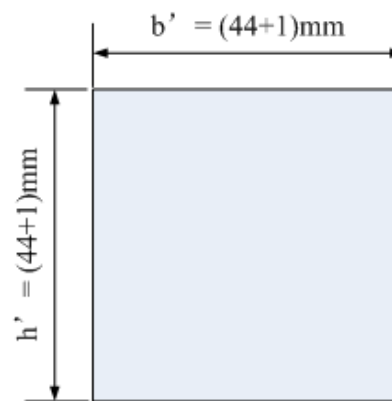
正视图--前面板尺寸



侧视图--侧面板尺寸



俯视图



开孔尺寸

温度控制器及其使用说明-6

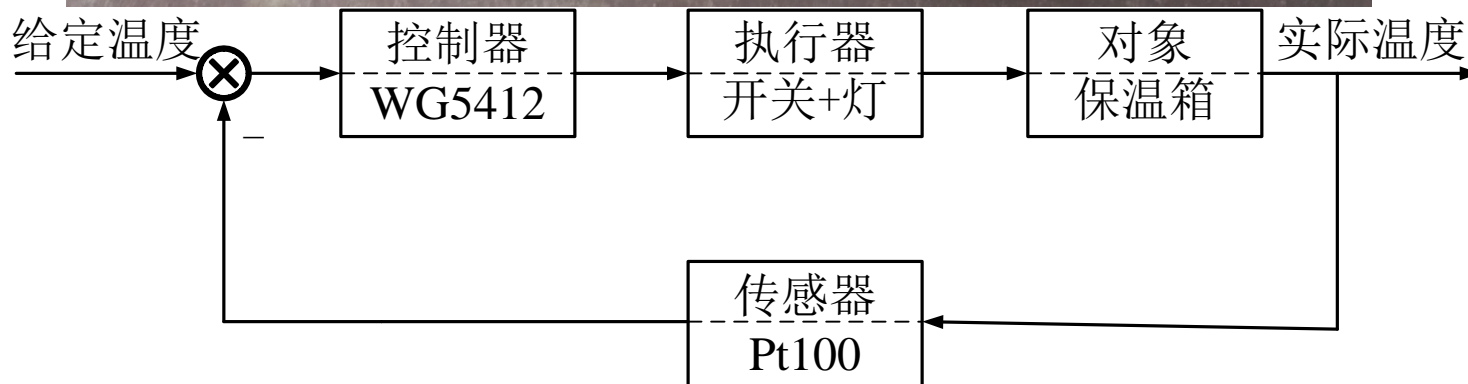
□ 使用说明

- ▣ 实训指导书附录中有详细的说明，也可以参见课群网站，位于“自动化实践初步课程”课程相关资料汇集”中，可以下载：

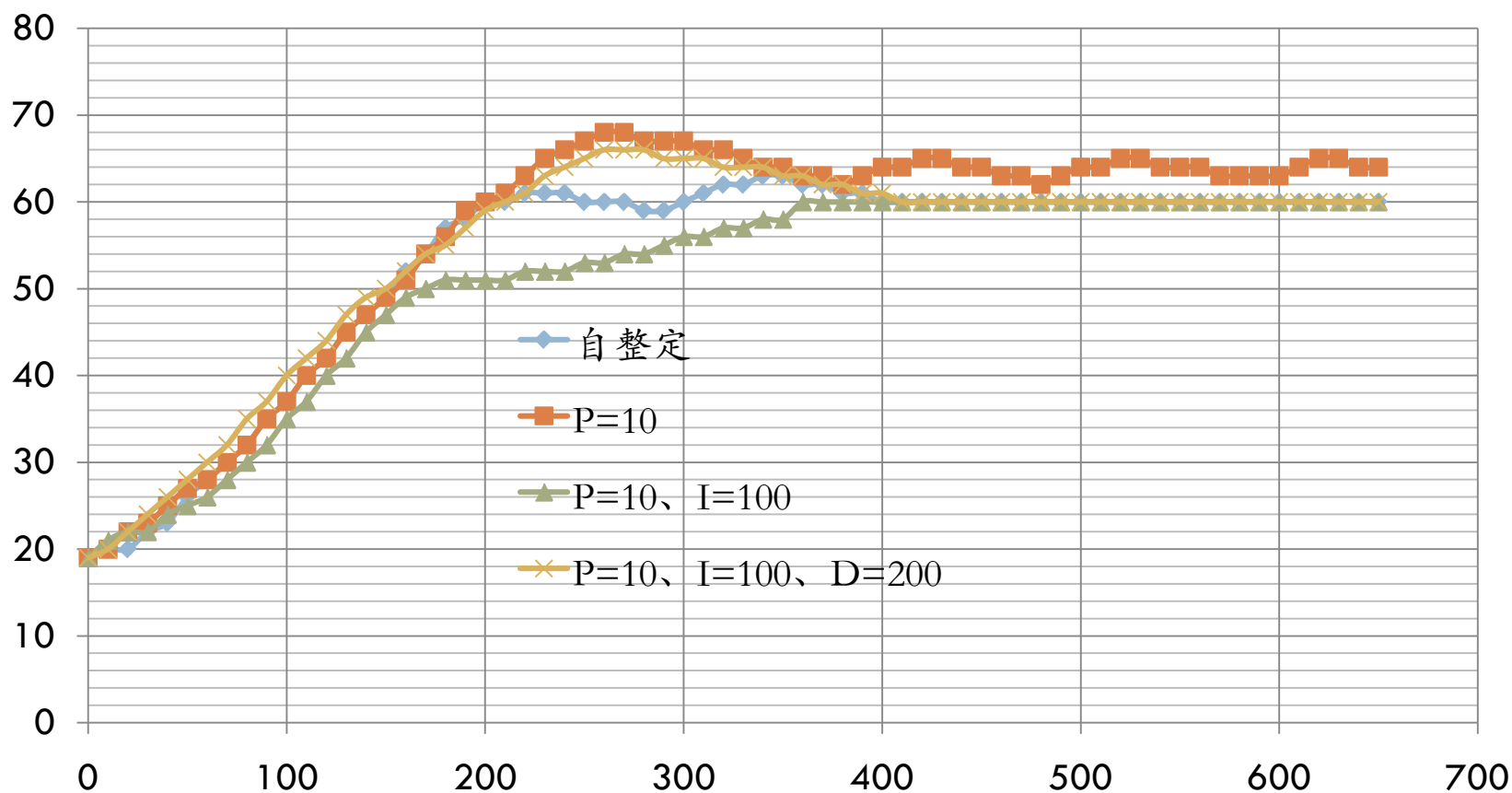
<http://codp.gxu.edu.cn/dssj/index.php?c=article&a=type&tid=322>

- ▣ 请大家认真阅读，并预习相关实验

温度控制系统实体图

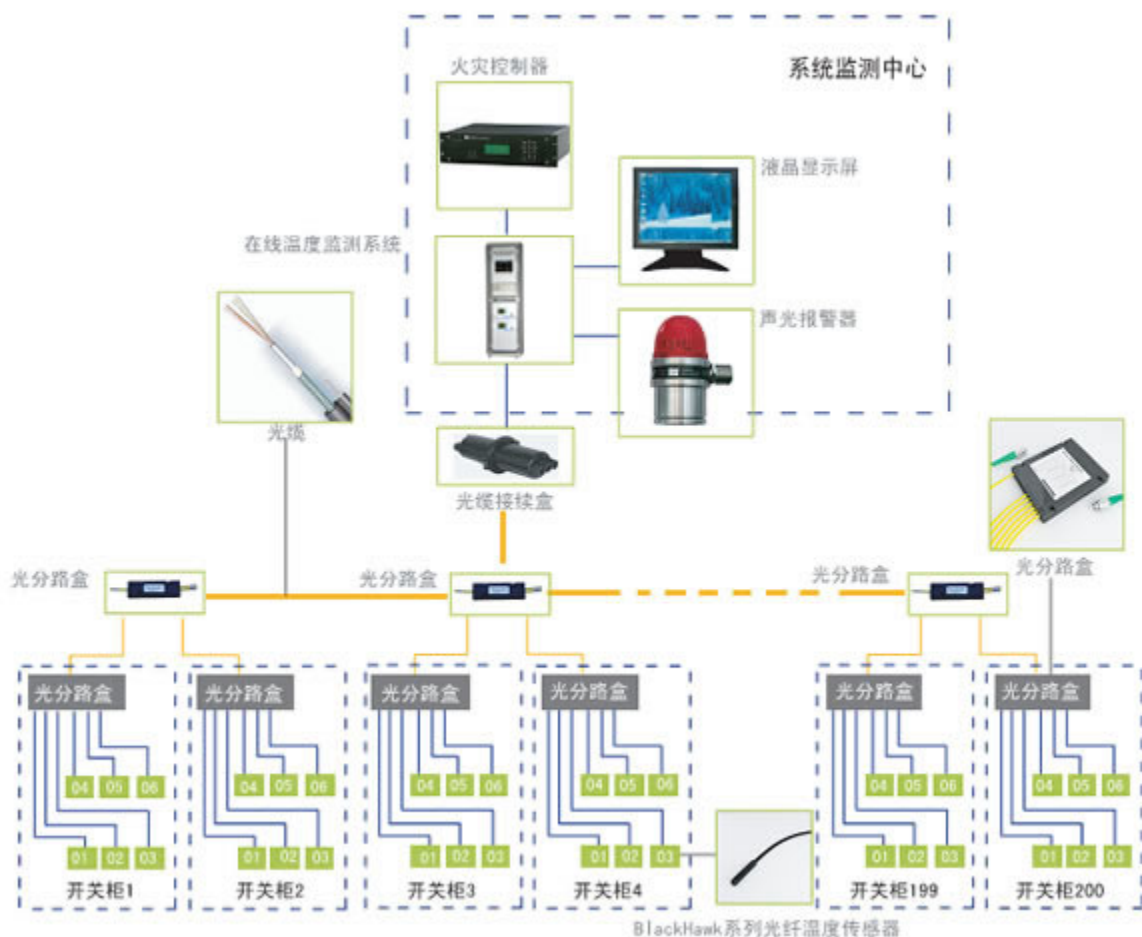


实测数数据曲线图展示



你需要明白

- 温度控制系统有哪些部分组成？
- PID调节器如何工作？
- 构建一个温度控制系统的步骤是有哪些？
- 本章你觉得能获得什么能力？



我们继续吧！

